Journal of Iranian Plant Protection Research

https://jpp.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 2, Summer 2023, p. 119-136

Evaluation of Plant Parasitic Nematodes in Organic and Conventional Gardening Systems

Z. Akbari[1], F. Aghamir[2*], F. Ahmadzadeh[3], H. Mahmoudi[4]

Received: 12-11-2022
Revised: 17-01-2023
Accepted: 14-03-2023
Available Online: 15-03-2023

How to cite this article:
Akbari, Z., Aghamir, F., Ahmadzadeh, F., & Mahmoudi, H. (2023). Evaluation of plant parasitic nematodes in organic and conventional gardening systems. *Journal of Iranian Plant Protection Research*, *37*(2), 119-136. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/jpp.2023.79563.1114

Introduction

One of the most effective ways to preserve biodiversity is to convert conventional systems into organic ones. The organic farming system reduces the negative effects of intensive management. The biomass of the soil ecosystem has different responses in management methods including tillage, fertilizer and defense inputs, and organic modifiers. Understanding the role and responses of biomass in different cropping systems is essential to support sustainable horticultural practices in managing plant-parasitic nematode.

Materials and Methods

Sampling has been done from two organic farming systems, conventional and pasture, in order to identify the morphology of soil plant parasitic nematodes, soil physicochemical characteristics, and microbial respiration. Plant parasitic nematodes were extracted, killed, fixed, and transferred to glycerin and permanent slides were prepared. The effect of the type of cultivation system on the abundance and diversity of plant parasitic nematodes in common and organic apple and peach orchards compared to pasture were investigated by multivariate analysis of variance (MANOVA) in Xlastat 2020 software.

Results and Discussion

20 Genera belonging to 11 families of plant-parasitic nematodes were identified, which had different frequencies based on the type of cropping systems and crops. The comparison of the type of organic cultivation system with the common showed that it had a significant effect on the frequency and diversity of plant parasitic nematodes; the highest frequency of the nematode genus in organic peach cultivation system is *Gracilacus* and the lowest frequency is *Scutylenchus* genus in common apple cultivation. The abundance of nematode family in organic system is more than common and the abundance of nematode family in peach organic system is more than apple organic system. It should be mentioned that the common apple system is close to pasture in terms of abundance. The abundance of nematode family in the common system of peach is more than the common system of apple. The type of cultivation system had a significant effect on the frequency and diversity of *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, and *Rotylenchus* genera, while it did not have a significant effect on the *Gracilacus* genus. Type of host plant had a significant effect on the frequency and diversity of plant parasitic nematodes definitely in all soil condition variables. The type of host plant was significant on the frequency of all plant nematodes except *Tylenchus* and a significant effect on the diversity of all except *Tylenchus* and *Rotylenchus*. Among all soil factors, microbial respiration, EC, OC, K, P, and texture (percentage of soil particles including sand, silt, and clay) showed a significant effect on all lineages of nematodes.

1, 2 and 4- Master's Student and Assistant Professors, Department of Agroecology, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: F_aghamir@sbu.ac.ir)
3- Associate Professor, Department of Biodiversity and Ecosystem Management, Environmental Sciences Research Institute, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
DOI: 10.22067/jpp.2023.79563.1114

Conclusions

Significant differences in community structure in plant parasitic nematode communities in three systems were recorded. The results of the present study have shown that the frequency and diversity nematodes are different from the results of other researchers in apple and peach orchards, that plant types and cultivars, basic genotype, or soil management practices affect the composition of plant parasitic nematode community groups. In this study, the abundance and diversity of nematode in the organic system was more than in pasture, and conventional agriculture with more than 10 years of history, including tillage and chemical inputs, and organic matter loss, erosion, and low in the soil agroecosystem. The reduction of the plant parasitic nematode in the conventional system compared to the organic system is caused by the reduction of organic matter, tillage, or chemical inputs. The results showed that the type of product and management practices affect nematode communities. The composition of soil nematode communities is significantly different in organic, conventional, and pasture farming systems. The organic peach and apple system is facing an increase in nematodes more than conventional. It seems that plant parasitic nematodes are sensitive to soil management practices. Soil nematodes are useful indicators to evaluate the intensity of management and sustainable management of horticultural ecosystems on soil ecosystem performance; because they have several feeding habits in soil, and micronutrient networks and play an important role in the food cycle, pest suppression, and regulation of microbial communities. There were high pest pressure of nematodes in the organic peach farming system in comparison to the apple farming system. In this research, apple is better than the peach for organic production in Damavand orchards. In addition, growers consider peaches better than apples due to market and price considerations. With the increase in the demand and price of organic products, the organic system is facing high pest pressure due to fewer management options compared to the conventional system, which requires the development of integrated plant nematode management strategies.

Keywords: Diversity, Fruit, Genus, Nematode, Production system

نشریه پژوهش‌های حفاظت گیاهان ایران
https://jpp.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۲، ص. ۱۳۶-۱۱۹

ارزیابی نماتدهای انگل گیاهی در سامانه باغداری ارگانیک و رایج

زهرا اکبری[۱]- سیده فاطمه آقامیر[۲*]-فراهم احمدزاده[۳]- حسین محمودی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۸/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۳

چکیده

راهبردهای مدیریت کشاورزی شامل خاک‌ورزی، نهاده‌های کودی و دفاعی، اصلاح‌کننده‌های آلی بر زیست توده خاک اثر متفاوت دارند. در سامانه‌های مختلف کشت، در مدیریت آفات نماتدهای انگل گیاهی نقش و پاسخ‌های زیست‌توده برای حمایت از اقدامات پایدار باغداری ضروری است. نمونه‌برداری از دو سامانه کشاورزی ارگانیک، رایج و مرتع به منظور شناسایی نماتدهای خاکزی، ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک و تنفس میکروبی صورت گرفت. اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی در باغات رایج و ارگانیک سیب و هلو و مراتع با تحلیل واریانس چند متغیره مورد بررسی قرار گرفت. ۲۰ جنس از ۱۱ خانواده از نماتدهای انگل گیاهی شناسایی شد که بیشترین فراوانی جنس نماتدها در سامانه‌ی کشت ارگانیک هلو مربوط به *Gracilacus* و کمترین فراوانی مربوط به جنس *Scutylenchus* در کشت رایج سیب می‌باشد. فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک بیشتر از رایج و فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک هلو بیشتر از ارگانیک سیب است. گفتنی است که سامانه رایج سیب از نظر فراوانی به مرتع نزدیک است؛ فراوانی خانواده نماتدها در سامانه رایج هلو بیش از سامانه رایج سیب است. تفاوت نوع کشت سیب هلو بر فراوانی و تنوع نماتدها در تمامی شرایط اثر معنی‌دار داشته است. نوع سامانه کشت (کشاورزی ارگانیک، رایج) در مقایسه با مرتع به عنوان شاهد بر فراوانی و تنوع جنس‌های *Pratylenchus*، *Helicotylenchus*، *Tylenchus*، *Rotylenchus* اثر معنی‌دار داشته، درصورتی که بر جنس *Gracilacus* اثر معنی‌دار نداشته است. تفاوت نوع کشت سیب و هلو بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی در تمامی شرایط اثر معنی‌دار داشته است. اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی تمامی جنس‌های نماتدی به استثنای *Tylenchus* معنی‌دار بوده است و بر تنوع تمامی جنس‌ها به غیر از *Tylenchus* و *Rotylenchus* اثر معنی‌دار داشته است. از میان تمامی عوامل خاکی، تنفس میکروبی، EC، OC، K، P و بافت (درصد اندازه ذرات خاک شامل شن، سیلت و رس) بر تمامی جنس‌های نماتدها اثر معنی‌دار داشته است. تفاوت‌های قابل توجه در ساختار جامعه و ترکیب فراوانی جوامع نماتدهای انگلی گیاهی در سامانه‌های کشت دیده شد. بر اساس ساختار جامعه نماتدهای انگلی در این پژوهش، سیب برای تولید ارگانیک در دماوند بهتر از هلو می‌باشد. علاوه بر این، تولیدکنندگان به دلیل ملاحظات بازار و قیمت، هلو را بهتر از سیب در نظر می‌گیرند. سامانه رایج، با شیوه‌های مدیریت کشاورزی رایج از جمله خاک‌ورزی و نهاده‌های شیمیایی سبب به‌هم خوردگی و از بین رفتن تنوع زیستی در اکوسیستم خاک شده است. به نظر می‌رسد که نماتدها به شیوه‌های مدیریت خاک حساس می‌باشند. سامانه ارگانیک با فشار زیاد نماتدهای انگل گیاهی به دلیل گزینه‌های مدیریتی کمتر به توسعه راهبردهای مدیریت یکپارچه نماتدی نیاز دارد.

واژه‌های کلیدی: جنس، سامانه کشت، غنا، میوه، نماتد

۱، ۲ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیاران گروه اگرواکولوژی، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: F_aghamir@sbu.ac.ir)
۳- هیات علمی گروه تنوع زیستی و مدیریت اکوسیستم‌ها، دانشیار، پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران
DOI: 10.22067/jpp.2023.79563.1114

مقدمه

کشاورزی تجاری از گذشته تاکنون، چندین گذار را پشت سر گذاشته، از سنتی تا پایدار که رشد سریع جمعیت، افزایش فرهنگ مصرف و نبود تعادل بین تولید و مصرف باعث شده که کشاورزی فشرده جایگزین کشاورزی سنتی شود (Singh and Singh, 2017)، در سامانه کشاورزی فشرده علف‌کش‌ها و کودهای شیمیایی به‌راحتی از خاک رها می‌شوند و دریاچه‌ها، رودخانه‌ها و مسیرهای آبی را آلوده می‌کنند، همچنین استفاده طولانی‌مدت از کودهای شیمیایی منجر به ایجاد مقدار مواد آلی اندک می‌شود که مستعد فرسایش در اثر باران و باد است. هرسال با افزایش وابستگی بیشتر به کودهای شیمیایی و مواد شیمیایی مصنوعی در تولید محصول، تضعیف ساختار خاک، کاهش تهویه خاک و دسترسی عناصر غذایی، بستر جانداران خاک را نابود می‌نماید، همچنین، به دلیل افزایش مقاومت به آفت‌کش‌ها، کنترل آفات و بیماری‌ها به یک چالش بزرگ تبدیل‌شده که سبب عدم تعادل محیط زیست شده است (Bijarniya and Rayaz, 2020). نگرانی در مورد تأثیر منفی روش‌های رایج کشاورزی بر تنوع زیستی و عملکرد خاک منجر شده تا علاقه به کشاورزی پایدار و بررسی چگونگی تأثیر سامانه‌های کشت بر اکوسیستم‌های خاک بیشتر شود (Treonis *et al*., 2018).

سامانه کشاورزی ارگانیک با استفاده از شرایط بومی و عدم استفاده از ترکیبات شیمیایی به حفظ تنوع زیستی کمک می‌نماید. در این راستا یکی از اساسی‌ترین و موثرترین راهکارهای حفظ تنوع زیستی کشاورزی تبدیل سامانه‌های کشاورزی رایج به ارگانیک است (Zarei, 2019). سامانه کشاورزی ارگانیک با رویکرد کشاورزی کم نهاده، بهره‌وری گیاه و کارکرد اکوسیستم بر اساس دسترسی طبیعی عناصر غذایی گیاهی، استفاده از کود سبز و مهار زیستی بیمارگرها می‌باشد (Lammerts van Bueren *et al*., 2002). بدیهی است که سامانه ارگانیک باعث افزایش غنای ژنتیکی، تنوع و ناهمگنی موجودات زنده خاک می‌شود.

برای حمایت از اقدامات کشاورزی پایدار، درک نقش و پاسخ‌های زیست‌توده خاک در رابطه با سامانه‌های مختلف کشت بدیهی است (Wall *et al*., 2004). سامانه‌های کشاورزی بر جوامع زیست توده خاک، در طی زمان به طور پیچیده اثر دارند (Jonason *et al*., 2011). یکی از انواع موجودات ریز خاکزی نماتدها هستند، که فراوان‌ترین جانداران پرسلولی روی سیاره ما، با شواهد فسیلی با قدمت ۶۰۰ میلیون سال قبل و شاخه بسیار متنوع زیستی از جانوران پوست‌انداز می‌باشند (Blaxter and Koutsovoulos, 2015)، که در تمامی محیط‌های اکولوژیکی حضور دارند. نماتدهای انگل گیاهی، چالش بزرگ در سراسر جهان هستند که سبب خسارات شدید به محصولات می‌شوند. تخریب آن‌ها در ریشه یا اندام هوایی بر جذب و انتقال مواد غذایی به گیاه تأثیر می‌گذارد و از طرف دیگر آن را مستعد بیماری‌ها و تنش‌های محیطی می‌کنند (Paula *et al*., 2011). به‌طوری‌که حداقل ۱۲ درصد مواد غذایی به دلیل نماتدهای انگل گیاهی از دست می‌روند (Nicol *et al*., 2011)؛ بنابراین به نظر می رسد که کاهش و مدیریت نماتدهای انگل گیاهی و کاهش میزان خسارت ناشی از آنها ضروری باشد (Davies and Spiegel, 2011; Moosavi and Zare, 2012; Quesada- Moragaet *et al*., 2014).

نماتدها برهم‌کنش‌های گوناگونی با میزبان خود، به دنبال تغذیه از بافت گیاهی نشان می‌دهند (Pulavarty *et al*., 2021). نماتدهای انگل گیاهی حداقل بخشی از چرخه زندگی خود را در خاک می گذرانند و فعالیت آن‌ها تحت تأثیر پارامترهای زیادی مانند دما، رطوبت و تهویه، مواد شیمیایی (آفت‌کش‌ها و کودها) و فیزیولوژی گیاه میزبان است (Ferraz *et al*., Alves and Campos, 2003; 2010). خاک، اکوسیستم پویا در حفظ کیفیت آب، بهره‌وری گیاه و تجزیه‌ی مواد غذایی نقش اساسی دارد. ارتباط تنگاتنگ، بین سلامت خاک و کشاورزی وجود دارد، تنوع و فعالیت موجودات زنده خاک از اجزای اصلی سلامت خاک هستند (Tahat *et al*., 2020). شدت کاربری زمین، میزان آشفتگی خاک در سامانه کشاورزی به نوع و شدت سامانه تولید (به عنوان مثال، زمین زراعی سالانه- چندساله، سامانه رایج-ارگانیک، مرتع) و به مدیریت (مانند خاک‌ورزی، تناوب، کاربرد کود، چرای دام) بستگی دارد (Postma-Blaauw *et al*., 20152010; Tsiafouli *et al*.,).

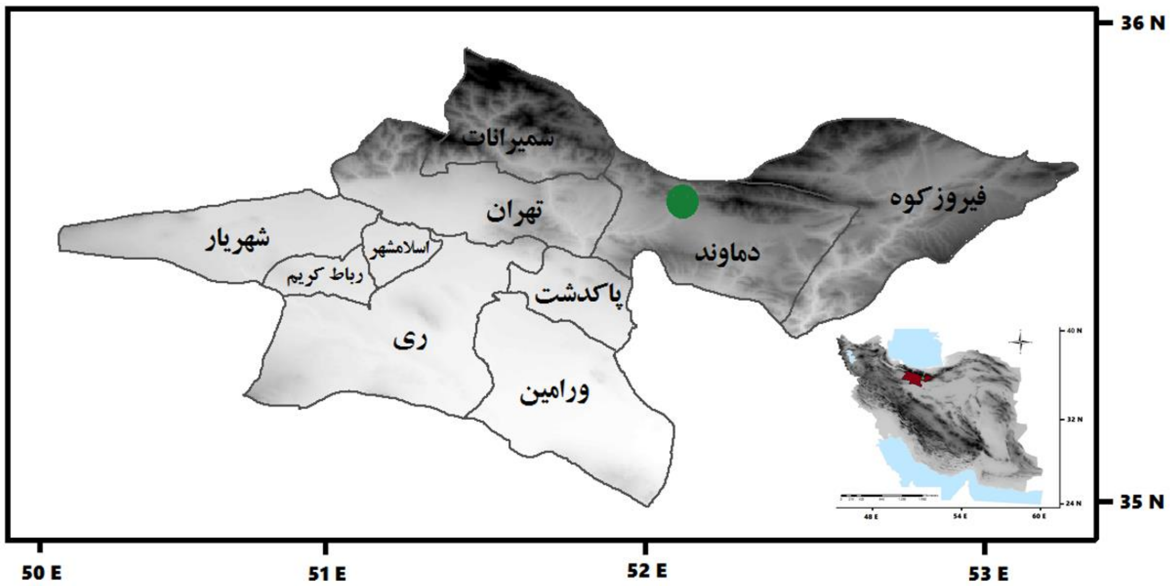
نماتدها به عنوان یکی از اجزای مهم شبکه‌های غذایی خاک، در کلیه فرآیندهای خاک و عملکرد اکوسیستم در تبدیل کربن (C) و چرخه عناصر غذایی حاصل از ریشه‌های گیاه زنده (مستقیم) و بقایای گیاه مرده (غیرمستقیم) نقش دارند (Campos-Herrera *et al*., 2015). با این حال، همه گونه‌های نماتدها با افزایش شدت کشت از نظر فراوانی یا تنوع کاهش نمی‌یابند. در پژوهشی بیان شد که کشاورزی ارگانیک در مقایسه با کشاورزی رایج، جمعیت نماتدهای آزادزی را افزایش و نماتدهای انگل گیاهی را کاهش داده است (Lupatini *et al*., 2019). جوامع نماتد به شدت تحت تاثیر خاک ورزی در مقایسه با افزودن بقایای آلی قرار می‌گیرد (Bongiorno *et al*., 2019; Okada and Harada; 2007; Wang *et al*., 2004; Lazarova *et al*., 2021). نتایج دیگری نشان دادند که نوع محصول یک عامل تعیین‌کننده کوتاه‌مدت در فراوانی کل جمعیت نماتدها است (Berkelmans *et al*., 2003; Neher, 1999). ظاهراً افزودن بلندمدت بقایای آلی در کشاورزی ارگانیک لزوماً منجر به افزایش فراوانی نماتدها نمی‌شود (Quist *et al*., 2016). نوع

محصول نسبت به سامانه کشاورزی تأثیر بیشتر بـر ترکیـب مجموعـه نماتـدها مـی‌گـذارد (Neher, 1999;Berkelmans *et al*., 2003). محصولات دائمی (مانند باغات سیب، هلو)، بستری غنی برای مطالعه گونه‌های نماتدهای انگل گیاهی فراهم می‌کنند. شناخت روابط تنـوع زیستی خاک، عملکرد سامانه ارگانیـک و رایـج نیازمنـد بـه مطالعـات هماهنگ، میان رشته‌ای و طولانی‌مدت همـراه بـا داده‌هـای تجربـی جامع نیازمند است (Weisser *et al*., 2017).

چندین مطالعه، جامعه نماتدی را با نوع مدیریت محصول و شـیوه های مدیریت خاک بررسی کردند (Forge Pokharel *et al*., 2015 ; *et al*., 2015; Kapp *et al*., 2014). نتایج نشان داده است که تنوع جامعه نماتد در باغ‌های سیب ارگانیک در مقایسه با سیب رایج بیشـتر بوده اسـت (Lazarova *et al*., 2021). سـامانه‌هـای کشـاورزی بـا اقدامات گوناگون همراه با عوامل محیطی بر نماتـدهای خـاکزی اثـر متفاوتی دارند. این موارد مانع بـرون‌یـابی نتـایج حاصـل از مطالعـات تجربی و میدانی به سایر شرایط مختلف محیطی مـی‌شـود (Neher, 1999;Pokharel *et al*., 2015). مدیریت‌های گوناگون کشاورزی بر تنوع نماتدها از منفی تا مثبت اثر متغیـر دارد (Hodda, 2009). بـا وجود نتایج پژوهش‌ها و افزایش بینش‌های اکولوژیکی نوین در سامانه کشاورزی، نتیجه‌گیری قطعی هنوز مشکل آفرین است؛ زیرا تـاکنون، پیچیدگی جوامع نماتدها و محدودیت‌هـای فـن‌آوری درک مـا را اثـر مدیریت‌های کشاورزی بر نماتدهای انگل گیاهی محدود کـرده اسـت (Yergeau *et al*., 2017). برای تعیـین شـاخص زیسـتی مـدیریت پایدار بوم نظام‌های باغداری و سلامت خاک، ارزیابی جامعه میکروبی، شناسایی تغییرات ساختار نماتدی مفید می‌باشد. دانـش چگـونگی اثـر مدیریت ارگانیک و رایج بر ساختار جامعه نماتد انگل گیاهی در باغات، هنوز اندک است (Treonis *et al*., 2018). بنابراین، در این پژوهش، تأثیر سامانه باغداری رایج و ارگانیک سیب و هلـو بـر روی فراوانـی و تنوع گونه‌های نماتدها با سامانه مرتع (سـامانه بکـر و دسـت‌نخـورده) مقایسه و بررسی می‌گردد.

مواد و روش‌ها

منطقه مـورد مطالعـه : منطقـه دماونـد در شـمال شـرق تهـران، سامانه‌های باغداری رایج و ارگانیک هلو و سیب و مرتع مزرعه چشمه سبزی انتخاب گردید. در مجموع ۷۰ نمونه، شامل ۶۰ نمونه از باغـات سیب و هلو ارگانیک و رایج و۱۰ نمونه از مرتع جمع‌آوری گردید(شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت منطقه نمونه‌برداری

Figure 1- The location of the sampling

نمونه‌برداری و آماده‌سازی: با توجه به نوع محصـول و سـامانه کشـت، بـه صـورت تصـادفی و سیسـتماتیک، در هـر واحـد بـرای اندازه‌گیری فراوانی، ۶ عدد کوادرات (۲ متر مربـع) و از هرکـوادرات ۵ نمونه انتخاب شـدند (Zhao *et al*., 2018). نمونـه‌بـرداری خـاک از اطراف ریشه درختان در عمق ۵۰ تا۶۰ سانتی‌متر انجام شد، نمونـه‌هـا به آزمایشگاه منتقل و مراتب زیر برای تجزیه و تحلیل صورت گرفت.

رطوبت وزنی خاک و برگ: رطوبت خاک و برگ به صورت مستقیم به روش وزنی از طریق خشک کردن نمونه در دستگاه آون در دمای ۱۰۵درجه سانتی‌گراد صورت گرفت (Smith, 2000).

تنفس میکروبی خاک: بر اساس روش تیتراسیون انجام شد (Schinner *et al*., 1995).

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک: در آزمایشگاه با روش استاندارد آزمون خاک تعیین گردید (جدول ۱).

جدول ۱- پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک بر اساس روش های استاندارد آزمون خاک

Table 1- Physical and chemical parameters of soil based on standard soil test methods

پارامترها Parameters	تجهیزات Equipment	نام آزمون/منبع Name of test/source
اسیدیته Acidity	pH متر pH meter	گل اشباع (Haluschak, 2006) Paste Saturated
بافت خاک Soil Texture	هیدرومتری Hydrometry	هیدرومتری (Ashworth et al., 2007) Hydrometry
کربن آلی Organic carbon	بورت دیجیتال Digital Burette	والکی بلاک (Black and Walkey, 1934) Walkley and Black
نیتروژن کل Total nitrogen	کجلدال Kjeldahl	کجلدال (Kjeldahl,1883) Kjeldahl
کلسیم قابل جذب Available Calcium	بورت دیجیتال Digital Burette	کمپلکسومتری (Tucker and Kurtz, 1961) Complexometric
منیزیم قابل جذب Available Magnesium	بورت دیجیتال Digital Burette	کمپلکسومتری (Tucker and Kurtz, 1961) Complexometric
پتاسیم قابل جذب Available Potassium	فلیم فوتومتر Flame photometer	استات آمونیوم (Chapman and Pratt,1982) Ammonium acetate
فسفر قابل جذب Available Phosphorus	طیف‌سنجی نوری Spectorophotometry	اولسن (Olsen *et al*.,1954) Olsen
جرم مخصوص ظاهری Bulk Density	آون Oven	پوشش پارافین نمونه‌ها (Black, 1965) Paraffin-coated specimens
ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity	فلیم فوتومتر Flame photometer	باور (Bower *et al*., 1959) Bower
قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity	EC متر EC meter	گل اشباع (Rhoades,1996) Paste Saturated

استخراج، کشتن، تثبیت و انتقال نماتدها به گلیسیرین و تهیه اسلاید دائمی: نماتدها بعد از ۲۴ تا ۴۸ ساعت به روش سینی از خاک استخراج و با استفاده از الک ۴۰۰ مش جمع‌آوری و به پتری دیش منتقل شدند (Whitehead and Hemming, 1965). شناسایی اولیه نماتدها در زیر استریو میکروسکوپ Nikon SMZ1000 انجام شد. برای تهیه‌ی اسلایدهای دائمی نماتدهای استخراج شده تثبیت و انتقال آنها به گلیسیرین انجام گرفت. بر روی یک لام تمیز با ایجاد حلقه پارافین دو تا سه نماتد هم‌شکل و هم‌اندازه را روی آن قرار دادیم.

مطالعات ریخت‌شناسی: شناسایی جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی با استفاده از میکروسکوپ نوری مدل Nikon E600 مجهز به لوله ترسیم و Olympus BX51 مجهز به دیدمارسکی (DIC[1]) با استفاده از کلیدهای (Hunt, 1993) و (Geraert, 2008) انجام شد.

مطالعات آماری

تنوع گونه‌ای: به معنای تعداد گونه‌های موجود در یک جامعه است و ساده‌ترین معیار برای ارزیابی تنوع زیستی است (Chiu *et al*., 2014). از شاخص‌های تنوع گونه‌ای شانون وینر[2] استفاده شد (Spellerberg *et al*., 2003).

تجزیه وتحلیل چند متغیری: (MANOVA[3]) با توجه به حساسیت تحلیل آماری، داده ها نرمال[4] شدند و با استفاده از افزونه آماری نرم‌افزار XLSTAT Sensory and Premium-R 2020 درزبانه Excel با پیش بینی مدل‌های رگرسیون چندگانه و تحلیل واریانس فاصله اطمینان از متوسط برآورد شد.

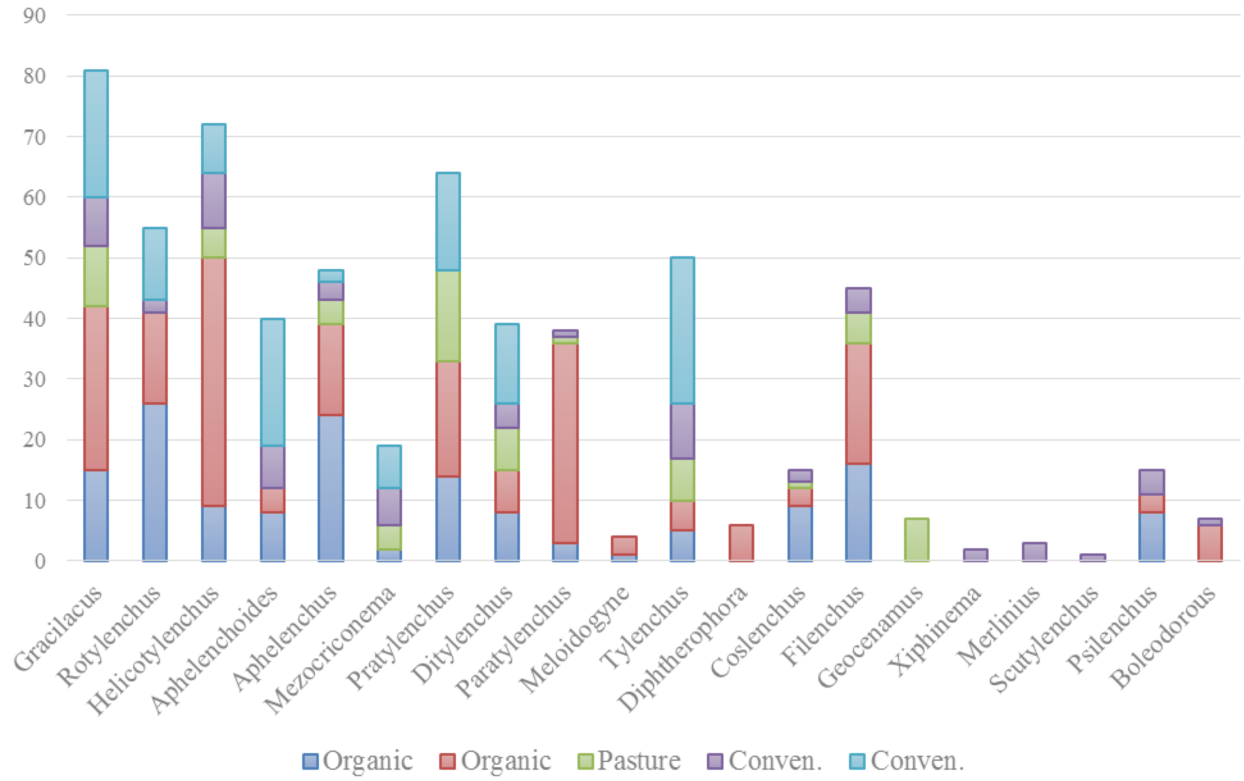
1- Disseminated Intravascular Coagulation

2- Shannon Wiener index
3- Multivariate Analysis of Variance
4- Normalization

جدول ۲- جنس و خانواده نماتدهای انگل گیاهی به تفکیک سامانه کشت و گیاه میزبان

Table 2- Genus and family of plant parasitic nematodes according to cropping system and host plants

مرتع Pasture		رایج Conventional				ارگانیک Organic			
		هلو Peach		سیب Apple		هلو Peach		سیب Apple	
جنس Genus	خانواده Family	جنس Genus	خانواده Family	جنس Genus	خانواده Family	جنس Genus	خانواده Family	جنس Genus	خانواده/ بالا خانواده Family/Super-family
Gracilacus *Geocenamus*	Dolichodoridae	*Gracilacus* *Merlinius*	Dolichodoridae	*Gracilacus* *Merlinius*	Dolichodoridae	*Gracilacus*	Dolichodoridae	*Gracilacus*	Dolichodoridae
Helicotylenchus	Hoplolaimidae	*Rotylenchus* *Helicotylenchus*	Hoplolaimidae	*Rotylenchus* *Helicotylenchus*	Hoplolaimidae	*Rotylenchus* *Helicotylenchus*	Hoplolaimidae	*Rotylenchus* *Helicotylenchus*	Hoplolaimidae
Aphelenchus	Aphelenchoidea	*Aphelenchoides* *Aphelenchus*	Aphelenchoidea	*Aphelenchoides* *Aphelenchus*	Aphelenchoidea	*Aphelenchoides* *Aphelenchus*	Aphelenchoidea	*Aphelenchoides* *Aphelenchus*	Aphelenchoidea
Mesocriconema	Criconematoidea	*Mesocriconema* *Diphtherophora*	Criconematoidea	*Mesocriconem*	Criconematoidea	*Diphtherophora*	Criconematoidea	*Mesocriconema*	Criconematoidea
Pratylenchidae	Pratylenchidae	*Pratylenchus*	Pratylenchidae			*Pratylenchus*	Pratylenchidae	*Pratylenchus*	Pratylenchidae
Ditylenchus	Anguinidae	*Ditylenchus*	Anguinidae	*Ditylenchus* *Psilenchus*	Anguinidae Psilenchidae	*Ditylenchus* *Psilenchus*	Anguinidae Psilenchidae	*Ditylenchus* *Psilenchus*	Anguinidae Psilenchidae
						Meloidogyne	Meloidogynidae	*Meloidogyne*	Meloidogynidae
Tylenchus *Filenchus* *Coslenchus*	Tylenchidae	*Tylenchus*	Tylenchidae	*Tylenchus* *Filenchus* *Coslenchus* *Boleodorous*	Tylenchidae	*Tylenchus* *Filenchus* *Coslenchus* *Boleodorous*	Tylenchidae	*Tylenchus* *Filenchus* *Coslenchus*	Tylenchidae
Paratylenchus	Paratylenchidae			*Paratylenchus*	Paratylenchidae			*Paratylenchus*	Paratylenchidae
		Scutylenchus	Longidoridae	*Xiphinema* *Scutylenchus*	Longidoridae				



شکل ۲- فراوانی ۲۰ جنس نماتد انگل گیاهی در ایستگاه‌های پژوهشی

(سامانه ارگانیک سیب .Organic App، سامانه ارگانیک هلو .Organic Peach، سامانه رایج سیب .Conven. App، سامانه رایج هلو .Conven. Peach، مرتع Pasture)

Figure 2- Abundance of 20 genera of plant parasitic nematodes in research stations

(Organic system of apple, Organic system of peach, Conventional system of apple, Conventional system of peach, Pasture)

تفاوت های معنی‌دار میان ترکیبی از سطوح عوامل بر روی چندین متغیر پاسخ، همبستگی بین متغیرهای پاسخ، تعیین شد. میانگین بین گروه‌های متغیر مستقل (Independent Variable) شامل سامانه رایج، ارگانیک، نوع محصول با یکدیگر تعیین شد. به این ترتیب خصوصیات و همبستگی بین هریک از ابعاد «متغیر وابسته» جنس‌های نماتدها (Dependent Variables) مورد تحلیل قرار گرفت.

نتایج و بحث

جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی: در این پژوهش، پس از جداسازی نماتدها از خاک و بررسی آن‌ها در زیر میکروسکوپ، براساس صفات ریخت شناسی و ریخت سنجی، در مجموع ۲۰ جنس از ۱۱ خانواده شناسایی گردید. در سامانه کشت ارگانیک و محصول سیب ۱۴جنس از ۱۰ خانواده نماتدی و در سامانه ارگانیک و محصول هلو ۱۴ جنس از ۹ خانواده شناسایی شد.

نمونه‌های بدست آمده از مرتع در ۱۱جنس و هشت خانواده قرارگرفتند. از میان جنس‌های شناسایی شده در این پژوهش، جنس *Geocenamus* فقط در مرتع مشاهده شده است. در سامانه‌ی کشت رایج سیب، ۱۶جنس نماتدی از نه خانواده و در محصول هلو ۱۲جنس از هشت خانواده مشاهده شد. در سامانه ی کشت رایج سیب جنس‌های *Filenchus*، *Coslenchus*، *Boleodorous*، *Xiphinema*و *Psilenchus* وجود داشت در حالی که این جنس‌ها در محصول هلو مشاهده نشد (جدول ۲). بیشترین فراوانی جنس نماتدها در سامانه‌ی کشت ارگانیک هلو در هر پنج ایستگاه مربوط به *Gracilacus* و کمترین فراوانی مربوط به جنس *Scutylenchus* در کشت رایج سیب می‌باشد. جنس‌های *Xiphinema* و *Scutylenchus* فقط در سامانه باغداری رایج سیب دیده شد؛ جنس *Diphtherophora*در هلوی رایج و ارگانیک مشاهده شد.

جنس و خانواده نماتدهای انگل گیاهی: فراوانی و تعداد نماتدهای هر جنس به تفکیک ایستگاه نشان داده است.

بررسی فراوانی ۱۱ خانواده نشان داده است که، بیشترین فراوانی

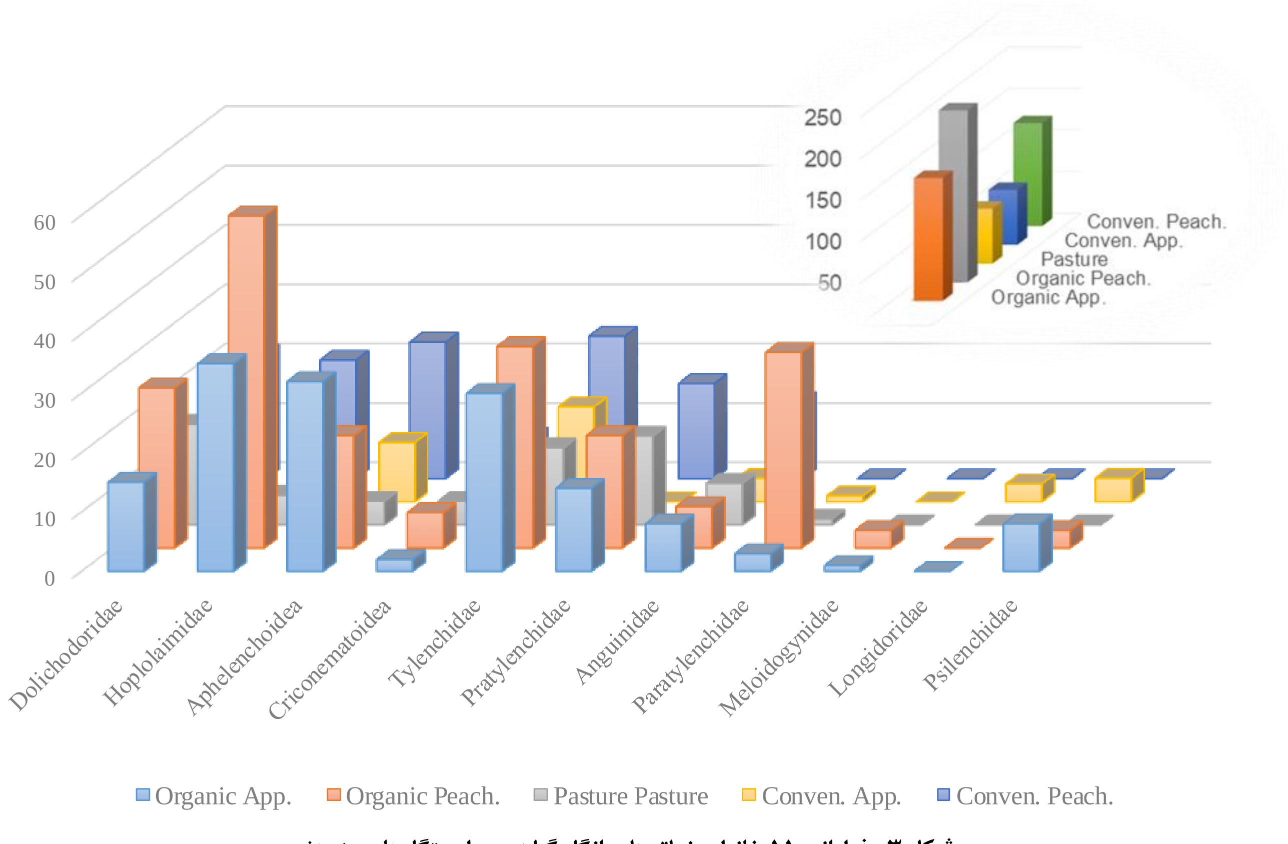
در سامانه ارگانیک سیب و هلو در خانواده Hoplolaimidae مشاهده شده است، همچنین بیشترین فراوانی در سامانه رایج در خانواده Tylenchidae و در مرتع خانواده Pratylenchidae است. در مجموع فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک بیشتر از رایج و فراوانی خانواده نماتدها در سامانه ارگانیک هلو بیشتر از ارگانیک سیب است. گفتنی است که سامانه رایج سیب از نظر فراوانی به مرتع نزدیک است؛ فراوانی خانواده نماتدها در سامانه رایج هلو بیش از سامانه رایج سیب است (شکل ۳).

شاخص تنوع گونه : بیشترین غنای گونه بر اساس شاخص شانون وینر در سامانه ارگانیک سیب و هلو به ترتیب در جنس *Gracilacus* و *Rotylenchus* مشاهده شد، همچنین بیشترین غنای گونه در سامانه رایج در خانواده Tylenchidae و در مرتع خانواده Pratylenchidae است (شکل ۴).

تحلیل واریانس چند متغیره: (MANOVA) برای پاسخ به درک رفتار و عملکرد جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی در سامانه و نوع کشت در زیر به تفکیک اثر هریک از عوامل مورد بررسی قرار گرفت:

اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی: نوع سامانه کشت ارگانیک-رایج بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشته است ($p\text{-value} < 0.05$)، در صورتی که مقایسه سامانه رایج با مرتع بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار نداشته است؛ همچنین مقایسه سامانه ارگانیک با مرتع بر فراوانی نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشته ولی بر تنوع آنها اثر ندارد (جدول ۳).

نوع کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی: تفاوت نوع باغداری سیب-هلو بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی به طور حتم اثر معنی‌دار داشته است ($p\text{-value} < 0.05$)(جدول ۵).

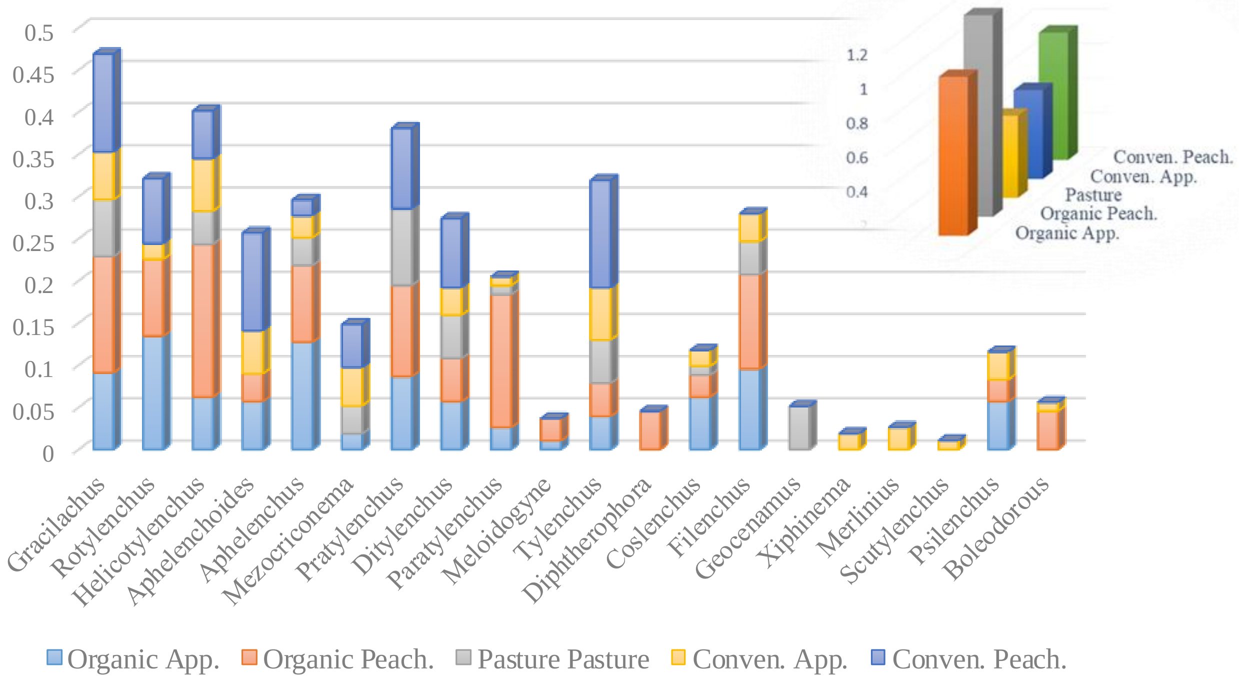


شکل ۳- فراوانی ۱۱ خانواده نماتدهای انگل گیاهی در ایستگاه‌های پژوهشی

(سامانه ارگانیک سیب .Organic App، سامانه ارگانیک هلو .Organic Peach، سامانه رایج سیب .Conven. App، سامانه رایج هلو .Conven. Peach، مرتع Pasture)

Figure 3- Frequency of 11 families of plant parasitic nematodes in research stations

(Organic system of apple, Organic system of peach, Conventional system of apple, Conventional system of peach, Pasture)



شکل ٤- تنوع جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی بر اساس شاخص شانون ویر در ایستگاه‌های پژوهشی

(سامانه ارگانیک سیب .Organic App، سامانه ارگانیک هلو .Organic Peach، سامانه رایج سیب .Conven. App، سامانه رایج هلو .Conven. Peach، مرتع Pasture)

Figure 4- Genus diversity of plant nematodes based on Shannon Weir index in research stations

(Organic system of apple, Organic system of peach, Conventional system of apple, Conventional system of peach, Pasture)

جدول ۳- اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی

Table 3- The effect of the type of cultivation system on the abundance and diversity of plant nematodes

نماتد **Plant nematode**	سامانه **Cultivation system**	آزمون **Test**	ارزش **Estimate**	**F**	سطح معنی‌داری **Prob.**
فراوانی Frequency	ارگانیک و رایج	Pillai's	0.312	4.00	<0.0001
	ارگانیک و مرتع	Pillai's	0.247	4.09	0.001
	رایج و مرتع	Pillai's Roy's Hotelling-Lawley's	0.002	4.09	0.766
تنوع Diversity	ارگانیک و رایج	Pillai's	0.295	4.00	<0.0001
	ارگانیک و مرتع	Pillai's	0.177	4.09	0.007
	رایج و مرتع	Pillai's Roy's Hotelling-Lawley's	0.001	4.09	0.869

نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی: نوع سامانه کشت (ارگانیک، رایج و مرتع) بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی *Pratylenchus*، *Helicotylenchus*، *Tylenchus*، *Rotylenchus* اثر معنی‌دار داشته، درصورتی که بر جنس *Gracilacus* اثر معنی‌دار نداشته است (جدول ۴).

نوع کشت بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی:

اثر نوع کشت بر فراوانی تمامی جنس نماتدهای انگل گیاهی به استثنای *Tylenchus* معنی‌دار بوده است و بر تنوع تمامی جنس‌ها به غیر از *Tylenchus* و *Rotylenchus* اثر معنی‌دار داشته است (جدول ۶).

شرایط خاکی بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی:

تمامی موارد اندازه‌گیری به استثنای رطوبت برگ و خاک بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌دار داشته است ($p\text{-value} < 0.05$).

جدول ٤- اثر نوع سامانه کشت بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی

Table 4- The effect of the type of cultivation system on the abundance and diversity of plant nematode genera

نماتد **Nematode**	جنس **Genus**	آزمون **Test**	ارزش **Estimate**	**F**	سطح معنی‌داری **Prob.**
فراوانی Frequency	*Gracilacus*	Pillai's	0.033	3.13	0.330
	Pratylenchus	Pillai's	0.108	3.13	0.022
	Helicotylenchus	Pillai's	0.210	3.13	0.000
	Tylenchus	Pillai's	0.125	3.13	0.011
	Rotylenchus	Pillai's	0.198	3.13	0.001
تنوع Diversity	*Gracilacus*	Pillai's	0.032	3.13	0.332
	Pratylenchus	Pillai's	0.113	3.13	0.018
	Helicotylenchus	Pillai's	0.373	3.13	<0.0001
	Tylenchus	Pillai's	0.158	3.13	0.003
	Rotylenchus	Pillai's	0.201	3.13	0.001

جدول ٥- اثر نوع کشت بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی

ا Table 5- Effect of type of crop on abundance and diversity of plant nematodes

نماتد **Nematode**	نوع کشت **Crop Type**	آزمون **Test**	ارزش **Estimate**	**F**	سطح معنی‌داری **Prob.**
فراوانی Frequency	هلو Peach	Pillai's	0.372	4.19	0.000
	سیب Apple	Pillai's	0.431	4.19	<0.0001
تنوع Diversity	هلو Peach	Pillai's	0.342	4.19	0.001
	سیب Apple	Pillai's	0.351	4.19	0.001

جدول ٦- اثر نوع کشت سیب و هلو بر فراوانی و تنوع جنس نماتدهای انگل گیاهی

Table 6- The effect of the type of apple and peach on the abundance and diversity of nematodes

نماتد **Nematode**	جنس **Genus**	آزمون **Test**	ارزش **Estimate**	**F**	سطح معنی‌داری **Prob.**
فراوانی **Frequency**	*Gracilacus*	Pillai's	0.158	4.00	0.002
	Pratylenchus	Pillai's	0.117	4.00	0.008
	Helicotylenchus	Pillai's	0.143	4.00	0.003
	Tylenchus	Pillai's	0.062	4.00	0.054
	Rotylenchus	Pillai's Roy's Hotelling-Lawley's	0.000	4.00	0.000
تنوع **Diversity**	*Gracilacus*	Pillai's test	0.166	4.00	0.001
	Pratylenchus	Pillai's test	0.125	4.00	0.006
	Helicotylenchus	Pillai's test	0.122	4.00	0.006
	Tylenchus	Pillai's test	0.049	4.00	0.091
	Rotylenchus	Pillai's test Roy's test Hotelling-Lawley's test	0.000	4.00	0.982

جدول ۷- تجزیه واریانس MANOVA، اثر متغیرهای شرایط محیط خاک بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی

Table 7- MANOVA analysis, the effect of soil environment variables on abundance and diversity of plant parasitic nematodes

نماتد Nematode	شرایط محیطی Edaphic	آزمون Test	ارزش Estimate	F	سطح معنی‌داری Prob.	نماتد Nematode	آزمون Test	ارزش Estimate	F	سطح معنی‌داری Prob.
فراوانی Frequency	رطوبت برگ Leaf Moisture	Wilks'	0.167	2.49	0.597	تنوع Diversity	Wilks'	0.173	2.49	0.622
	رطوبت خاک Soil Moisture	Pillai's	0.124	3.98	0.003		Pillai's	0.065	3.98	0.034
	تنفس میکروبی	Wilks'	0.352	1.89	<0.0001		Wilks'	0.436	1.89	<0.0001
	اسیدیته pH	Pillai's	0.126	2.51	0.065		Pillai's	0/216	2.51	0.003
	قابلیت هدایت الکتریکی EC	Wilks'	0.409	2.04	<0.0001		Pillai's	0.467	2.04	<0.0001
	نیتروژن قابل دسترس خاک N	Wilks'	0.477	2.04	<0.0001		Wilks'	0.467	2.04	<0.0001
	کربن آلی خاک OC	Wilks'	0.387	1.92	<0.0001		Wilks'	0.463	1.92	<0.0001
	منیزیم Mg	Pillai's	0.190	2.51	0.008		Pillai's	0.239	2.51	0.001
	کلسیم Ca	Pillai's	0.458	2.04	<0.0001		Pillai's	0.276	2.04	0/015
	جرم مخصوص ظاهری Bulk Density	Pillai's	0.317	2.51	<0.0001		Pillai's	0.294	2.51	0.000
	ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity	Pillai's	0.197	2.24	0/027		Pillai's	0.326	2.24	0.000
	پتاسیم K	Wilks'	0.363	1.92	<0.0001		Pillai's	0.495	1.92	<0.0001
	فسفر P	Wilks'	0.361	1.95	<0.0001		Wilks'	0.438	1.95	<0.0001
	رس Clay	Pillai's	0.272	2.35	0.001		Pillai's	0.309	2.35	0.000
	سیلت Silt	Wilks'	0.489	2.09	<0.0001		Pillai's	0.363	2.09	0.000
	شن Sand	Pillai's	0.465	2.09	<0.0001		Pillai's	0.432	2.09	<0.0001

نتیجه‌گیری

نقش نوع محصول و سامانه کشت: نماتدهای انگل گیاهی *Pratylenchus*، *Meloidogyne*، *Paratylenchus* و *Heliocotylenchus* در سراسر جهان چالش مهم برای تولیدکنندگان میوه هستند. در پژوهش حاضر، نماتدهای انگل گیاهی *Gracilacus*، *Helicotylenchus*، *Rotylenchus* اغلب صرف نظر از محصول و سامانه در ۷۰ درصد نمونه‌های مورد بررسی مشاهده شدند. نتایج نشان داد که فراوانی و غنا گونه با نتایج سایر پژوهشگران در باغات سیب و هلو ارگانیک و رایج متفاوت است (Pokharel *et al*., 2015). تفاوت در تنوع و فراوانی نماتدهای انگل گیاهی در پژوهش حاضر با سایر پژوهش‌ها، ممکن است به دلیل تفاوت در انواع و ارقام گیاهان و یا شیوه‌های مدیریت خاک باشد. گونه‌های گیاهی مختلف بر ترکیب گروه‌های جامعه نماتدهای انگل گیاهی تأثیر می‌گذارد، حتی نوع گونه‌های گیاهی اغلب مهم‌تر از تنوع گیاهی برای ترکیب جامعه نماتد است (Viketoft *et al*., 2009)، همچنین تأثیر ژنوتیپ‌های پایه بر جوامع میکروبی خاک در باغ‌های سیب نیز گزارش شده است (Rumberger and Merwin, 2007).

در سامانه ارگانیک جمعیت نماتدهای انگل گیاهی بیش از سامانه رایج و مرتع بوده است، سامانه رایج در بیش از ۱۰ سال باغداری (به گفته باغداران ۳۰ سال سابقه کشت) مدیریت خاک، جمعیت نماتدهای انگل گیاهی را کاهش داده است. بدیهی است که تبدیل کشاورزی رایج به ارگانیک، جمعیت کل نماتدهای خاک را افزایش می‌دهد؛ همچنین در پژوهشی بیان شده است که سامانه ارگانیک جمعیت نماتدهای باکتری‌خوار مفید را افزایش و جمعیت نماتدهای انگلی گیاهی غالب را کاهش داده است (Briar *et al*., 2012). در باغات ارگانیک پژوهش حاضر، از کودهای آلی به ویژه کود گاوی برای تامین مواد آلی خاک استفاده شده است، همچنین برای کاهش pH خاک‌های آهکی باغات دماوند و افزایش سطح قابلیت دسترسی عناصر ریزمغذی، به خاک کود گرانوله گوگردی اضافه شده است. همچنین کودهای بیولوژیک مانند انواع‌جلبک‌ها، اسیدآمینه، اسیدهومیک به کار رفته است. همچنین آب غنی از استخرهای پرورش ماهی برای افزایش تغذیه محصول در باغات مورد استفاده قرار گرفته است.

باغات میوه، به ویژه درختان برگ‌ریز، با تولید محصولات زراعی سالانه یا دوساله متفاوت می‌باشند. با افزودن اصلاح‌کننده‌های خاک از جمله کمپوست، کود آلی یا سایر کودهای حیوانی و گیاهی، مواد آلی به خاک اضافه می‌شود، که منبع غذایی مهم برای میکروب‌های خاک و موجودات شبکه غذایی در منابع گیاهی از جمله نماتدهای انگل گیاهی می‌باشند. نماتدها به کودهای آلی و سبز، وابسته هستند و به صورت گوناگون به غنی‌سازی مواد آلی پاسخ می‌دهند (Ferris and Bongers, 2006). به طور کلی، خاک سالم با تنوع زیستی بالا، مجموعه متنوع از موجودات از جمله نماتدها را در خود جای داده است. بدون تنوع زیستی بالا، اکوسیستم خاک در برابر تغییرات محیطی و تنش‌ها آسیب‌پذیر می‌باشد (Wang *et al*., 2004). گروه‌های جمعیت نماتدها به عنوان شاخص برای مطالعه شرایط شبکه غذایی خاک (Bongers and Ferris, 1999; Neher, 2001; Zhang *et al*., 2017) تنوع زیستی خاک و عملکرد اکوسیستم استفاده می‌شوند (Neher, 2001; Ferris and Tuomisto, 2015; Zhang *et al*., 2017). این نتایج نشان داد که نوع محصول و شیوه‌های مدیریت بر جوامع نماتد تأثیر می‌گذارد. ترکیب جوامع نماتدهای خاک به طور قابل توجه در سامانه کشاورزی ارگانیک، رایج و مرتع متفاوت است. فراوانی و تنوع نماتدها حاکی از آن است که سامانه ارگانیک بیش از رایج با افزایش نماتدهای انگل گیاهی مواجه می‌باشد. در نتیجه، با وجود آنکه سامانه ارگانیک، حاصلخیزی خاک را افزایش می‌دهد ولی، فراوانی جمعیت تغذیه میکروب‌ها و نماتدها و تهدید نماتدهای انگل گیاهی را نیز بیشتر می‌کند؛ بنابراین در سامانه ارگانیک، باید راهبردهای مدیریت نماتدهای انگل گیاهی و آفات بیشتر مورد توجه قرار گیرد (Yang *et al*., 2021).

در باغات دماوند بر اساس پرسش‌نامه جمع‌آوری شده از کشاورزان، برای کنترل آفات، در کشاورزی ارگانیک، از تنداکسیر (Tondexir)، پالیزین (Palizin) گرانول استفاده شده است گفتنی است که دو آفت‌کش گیاهی به نامهای تنداکسیر و پالیزین به عنوان ترکیبات سازگار با محیط زیست برای کنترل آفات گلخانه‌ای تولید شده‌اند. مدیریت حشرات، بیماری‌ها و نماتدهای انگل گیاهی در کشاورزی ارگانیک نیاز به تکیه بر تعادل ذاتی طبیعت دارد (Mohamed *et al*., 2021). نتایج پژوهش ما حاکی از آن است که سامانه ارگانیک با نماتدهای انگل گیاهی بیش‌تر از رایج، ممکن است ناشی از شیوه‌های مدیریت باغداری رایج مانند اصلاح خاک، کوددهی، خاک‌ورزی و کاربرد آفت‌کش‌ها باشد که باعث اختلال و به‌هم خوردگی و آشفتگی در اکوسیستم خاک شده است (Bongers *et al*., 1997)؛ در نتیجه بر ساختار جامعه نماتدهای خاک تأثیر گذاشته (Briar *et al*., 2012) و مدیریت فشرده سبب کاهش عملکرد نماتدهای انگل گیاهی، تخریب خاک و نابودی تنوع زیستی در باغداری رایج شده است (Yang *et al*., 2021). مطالعات قبلی نشان دادند که کاربرد کودهای شیمیایی در سامانه کشاورزی رایج سبب کاهش نماتدهای تغذیه‌کننده باکتری‌ها شده است (Bulluck *et al*., 2002) که به دلیل سمیت مستقیم محلول‌های نیتروژن (Fiorentini

and Portelli, 2004) می‌باشد. علاوه‌براین، کشاورزی فشرده برهم‌کنش‌های زیستی و الگوی دسترسی منابع در اکوسیستم‌ها را تغییر می‌دهد (Matson *et al*., 1997). به هم ریختگی و خاک‌ورزی با اثر مستقیم و غیرمستقیم بر رشد و ظرفیت تولیدمثل نماتدهای انگل گیاهی و فراوانی نماتدها تأثیر می‌گذارد. به نظر می‌رسد که سامانه رایج با کودهای شیمیایی و خاک‌ورزی، اکولوژی خاک را مختل می‌کند و جمعیت نماتدهای انگلی و آزادزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد که احتمالاً به این دلیل است که نماتدها به شیوه‌های مدیریت خاک حساس می‌باشند (Fiscus and Neher, 1999 ; Neher, 2002).

در حال حاضر، در اقدامات مدیریتی سامانه رایج، مواد آلی افزوده نمی‌شود، جالب است که این سامانه سبب تجزیه مواد آلی خاک، کاهش غنا و فراوانی در جامعه نماتدها شده است. به طور کلی، خاک ورزی همراه با مواد آلی فعالیت ساکنان مفید خاک را حتی در لایه های عمیق تر افزایش می‌دهد. در غیر این صورت فعالیت میکروبی در خاک سطحی متمرکز می‌شود (Treonis *et al*., 2010). سامانه زراعی ارگانیک ممکن است فشار آفات بالایی داشته باشند؛ زیرا گزینه‌های مدیریتی کمتری در مقایسه با سامانه رایج برای مبارزه با آفات دارد. نماتدهای انگلی گیاهی یکی از گروه های مهم آفات در بسیاری از محصولات ارگانیک هستند (Monson and Schmitt,2004; Wrather and Koenning, 2006). بر اساس ساختار جامعه نماتدهای انگل گیاهی در این پژوهش، سیب ممکن است برای تولید ارگانیک در دماوند مناسب‌تر از هلو باشد. گفتنی است، تولیدکنندگان به دلیل ملاحظات بازار و قیمت، هلو را بهتر از سیب در نظر می‌گیرند. بدیهی است که افزایش تقاضا و قیمت میوه ارگانیک (USDA Economic Research Service, 2014) راه‌کارهای مدیریتی دیگری برای مقابله با خسارات ناشی از نماتدهای انگل گیاهی را در سامانه ارگانیکمی‌طلبد.

نقش عوامل خاکی (Edaphic) بر نماتدهای انگل گیاهی: در پژوهش حاضر، تمامی عوامل خاکی به استثنای رطوبت برگ و خاک بر فراوانی و تنوع نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی دار داشت (جدول ۷). گفتنی است که اثر عوامل قابل اندازه‌گیری خاک بر جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی خاک یکسان نیست. به عنوان مثال تمامی عوامل خاکی بر فراوانی و تنوع جنس *Helicotylenchus* اثر معنی دار داشته است، در صورتی که در سایر جنس‌های *Gracilacus*، *Pratylenchus*، *Tylenchus*، *Rotylenchus* فقط بر برخی عوامل اثر معنی‌دار داشته است. پژوهش ما حاکی از آن است که از میان تمامی عوامل خاکی، تنها پارامترهای تنفس میکروبی، EC، OC، K، P و بافت بر تمامی جنس‌های نماتدهای انگل گیاهی اثر معنی‌داری نشان دادند. در پژوهشی بیان شده است که اثر سامانه رایج و ارگانیک، در شیوه‌های مدیریت کمتر از عوامل خاکی بر جامعه نماتدهای انگل گیاهی اثر گذاشته است (Neher *et al*., 1999).

در پژوهش‌های پیشین، عوامل خاکی با فاکتورهای قابل اندازه گیری خاک (کربن آلی خاک، اسیدیته، بافت) بر فراوانی نماتدهای انگل گیاهی انگل گیاهی همبستگی نداشته، ولی فراوانی نماتد *Pratylenchus* با درصد شن و ماسه همبستگی منفی داشت و نماتد *Xiphinema* با اسیدیته خاک همبستگی منفی را نشان داده است. ترکیب جامعه نماتدها با تغییر بافت، درصد شن، سیلت، یا رس، حتی با شیوه‌های مدیریت مشابه متفاوت است (Yeates and King, 1997). ویژگی‌های خاک در جوامع نماتد را نیز نمی‌توان نادیده گرفت. بافت خاک بر فراوانی و توزیع نماتدها در نیمرخ خاک تأثیر می گذارد (Mcsorley and Frederick, 2002)، با افزایش درصد رس در خاک، توانایی نفوذ نماتدهای انگل گیاهی کاهش می‌یابد (Prot and Van Gundgy, 1981).

اسیدیته خاک بر روی گونه‌های نماتد تأثیر می‌گذارد. به طور کلی اکثر فعالیت نماتدها، در اسیدیته زیر ۵ و بالاتر از ۸ مهار می‌شود (Ravichandra, 2008;Mulder *et al*., 2003). به عنوان مثال، تعداد نماتدها در اسیدیته خاک اسیدی (اسیدیته برابر با ۴) با کمترین میزان مصرف مواد غذایی از همه کمتر است. با نرخ عناصر غذایی بالاتر، در اسیدیته پایین به طور قابل توجه تعداد نماتدهای تغذیه کننده باکتری‌ها کاهش یافته، در حالی که تعداد نماتدهای تغذیه کننده از قارچ‌ها افزایش یافته است. اثر غیرمستقیم عناصر غذایی و اسیدیته از طریق سایر اجزای شبکه غذایی خاک نیز بر روی جامعه نماتدها مورد سوال است (Korthals *et al*, 1996).

مقدار کربن آلی خاک، به عنوان منبع غذایی سودمند در جوامع نماتدها در نظر گرفته می‌شود. در طی یک دوره ۴ ساله در کرت‌های مزرعه محصولات مختلف در حال گذار از کشاورزی رایج به ارگانیک، تخمین نیمرخ نماتدهای انگل گیاهی نشان داد که شبکه‌های غذایی بسیار غنی و با ساختمان متوسط تا بالا در خاک و کانال های تجزیه در هر دو سامانه جمعیت نماتدهای انگل گیاهی را افزایش داده است؛ در نتیجه با تغییر کاربری‌های زراعی، جوامع نماتد تحت تاثیر قرار می‌گیرد (Shabeg, 2007).

سطح زیر کشت میوه‌های ارگانیک در باغات دماوند رو به افزایش و مقادیر نماتدهای انگل گیاهی در سامانه ارگانیک بیشتر از رایج است؛ این در حالی است که خاک‌های رسی آهکی سنگین با اسیدیته بالا و مقدار مواد آلی متوسط دارد. اقدامات مدیریتی سامانه ارگانیک کودهای آلی و سبز سامانه، نوع آبیاری، نوع محصول، ارقام هلو و سیب، نحوه کوددهی در سامانه ارگانیک (نوع کود، مقدار و چگونگی مدیریت) بر جوامع نماتد اثرگذار است. مطالعات جوامع نماتدهای انگلی و آزادزی و اثر شیوه‌های تولید میوه در طول زمان برای درک تغییرات فرآیندهای میکروبی خاک مورد نیاز است، در نتیجه شیوه‌های مدیریت سلامت خاک برای افزایش ارتقا پایداری جامعه نماتدهای

آزادزی در مناطق پرچالش در سامانه‌های تولید میوه ارگانیک پیشنهاد می‌شود. پژوهش‌های بیشتر، در مورد تنوع نماتدها، گام مهـم در درک فرآیندها و خدمات اکوسیستم خاک است (Lazarova *et al*., 2021).

با توجه به بیشینه نماتدهای انگل گیاهی در سامانه هلو ارگانیـک در باغات دماوند، مدیریت نماتد به یک اولویت برای امنیت عرضه غذا تبدیل می‌شود. راهکارهای مدیریتی باید در روش موثر برای گنجاندن آنها در برنامه مدیریت یکپارچه نماتد شامل استفاده از عوامل زیستی و شناسایی پایه‌ها/ ارقام مقاوم، محل کاشت درختان، استفاده از عوامـل مهار زیستی، اصـلاح خـاک، مـدیریت فرهنگـی، تیمارهـای پـس از برداشت، مدل‌سازی و پیش‌بینی بیماری مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

1- Alves, F.R., & Campos, V.P. (2003). Efeitos da temperatura sobre a atividade de fungos no controle biológicode *Meloidogyne javanica e M. incognita raça* 3. *Ciência e Agrotecnologia 27*, 91–97. https://doi.org/10.1590/S1413-70542003000100011

2- Ashworth, J., Keyes, D., Kirk, R., & Lessard, R. (2007). Standard procedure in the hydrometer method for particle size analysis. *Communications in Soil Science and Plant Analysis, 32*(5-6), 633-642. https://doi.org/10.1081/CSS-100103897

3- Berkelmans, R., Ferris, H., Tenuta, M., & Van Bruggen, A.H.C. (2003). Effects of long-termcrop management on nematode trophic levels other than plant feedersdisappear after 1 year of disruptive soil management. *Applied Soil Ecology*, *23*(3), 223–235. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(03)00047-7

4- Bijarniya, A., & Rayaz, M. (2020). Scope of organic farming. *Engineering Journals, Iconic Research And Engineering Journals, IRE Journals*, *3*(7), 28–36.

5- Walkley, A., & Black, I.A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*(1), 29-38. https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

6- Black, C.A. (1965) Methods of Soil Analysis: Part I, Physical and Mineralogical Properties. *American Society of Agronomy*, Inc. Publisher, Madison, 1965, p. 894-895

7- Blaxter, M., & Koutsovoulos, G. (2015). The evolution of parasitism in Nematoda. *Parasitology*, *142*(1), S26–S39. https://doi.org/10.1017/S0031182014000791

8- Bongers, T., van der Meulen, H., & Korthals, G. (1997). Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions, *Applied Soil Ecology*, *6*(2), 195-199. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(96)00136-9

9- Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator inenvironmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, *14*(6), 224–228. https://doi.org/10.1016/s0169-5347(98)01583-3

10- Bongiorno, G., Bodenhausen, N., Bünemann, E.K., Brussaard, L., Geisen, S., Mäder, P., Quist, C.W., Walser, J.C., & De Goede, R.G. (2019). Reduced tillage, but not organic matter input, increased nematode diversity and food web stability in European long-term field experiments. *Molecular Ecology*, *28*(22), 4987–5005. https://doi.org/10.1111/mec.15270

11- Bower, C.A. (1959). Cation exchange equilibria in soilsaffected by sodium salts. *Soil Science*, *88*(1), 32-35.

12- Briar, S.S., Barker C., Tenuta M., & Entz M.H. (2012). Soil nematode responses to crop management and conversion to native grasses, *Journal Nematol*, *44*(3), 245-254. PMID: 23481374; PMCID: PMC3547337.

13- Bulluck, L.R., Barker, K.R., & Ristaino, J.B. (2002). Influences of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. *Applied Soil Ecology*, *(21)*, 233–250. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(02)00089-6

14- Campos-Herrera, R. (2015). *Nematodes pathogenesis of insect and other pest: ecology and applied technologies for sustainable plant and crop protection*; Springer: Cham, Switzerland; Heidelberg, Germany; New York, NY, USA; Dordrecht, The Netherlands; London, UK p. 285–508. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18266-7

15- Chapman, H.D., & Pratt P.F. (1982). *Methods of analysis for soils, plants, and waters.* Agriculture &Natural Resources, University of California Division of Agricultural Sciences, Office of Agr. Publ., 207 University Hall, Berkeley 4, Calif., 309 pp. https://doi.org/10.2136/sssaj1963.03615995002700010004x

16- Chiu, C.H., Wang, Y.T., Walther, B.A., & Chao, A. (2014). An improved nonparametric lower bound of species richness via a modified good-turing frequency formula. *Biometrics*, *70*(3), 671-82. https://doi.org/10.1111/biom.12200

17- Davies, K.G., & Spiegel, Y. (2011). *Biological control of plant-parasitic nematodes: Building coherence between microbial ecology and molecular mechanisms*, p. 314. Progress in Biological Control vol. 11. Springer Science+Business Media, Dordrecht, the Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9648-8

18- Ferraz, S., Freitas, L.G., Lopes, E.A., & Dias-Arieira, C.R. (2010). *Manejo sustentavel de fitonematoides*. Editoria UFV, 245 p.Viçosa, Minas Gerais, Brazil.

19- Ferris, H., & Bongers, T. (2006). Nematode indicators of organic enrichment, National library of Medicine,

National Center for Biotechnology Information. *Journal Nematology, 38*(1), 3-12.

20- Ferris, H., & Tuomisto, H. (2015). Unearthing the role of biological diversity in soil health. *Soil Biology and Biochemistry, 85*, 101–109. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.02.037

21- Fiorentini, M., & Portelli, D. (2004). Sensitivity of nematode life-history groups to ions and osmotic tensions of nitrogenous solutions. *Journal Nematology, 36(1),* 85–94.

22- Fiscus, D.A., & Neher, D. (2002). Distinguishing sensitivity of free-living soil nematode genera to physical and chemical disturbances, *Ecological Applications, 12*(2), 565-575.

23- Forge, T., Neilsen, G., Neilsen, D., O'Gorman, D., Hogue, E., & Angers, D. (2015). Organic orchard soil management practices affect soilbiology and organic matter. In II International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture. *Acta Horticulture, 1076*, 77–84. http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1076.8

24- Geraert E. (2008). *Tylenchidae of the world*. Academic press, 540 pp.

25- Grisse, A.D., & Loof, P.A.A. (1965). Revision of the genus *Criconemoides* (Nematoda). *Mededelingen van de Landbouwhogeschool en der Opzoekingsstations van de Staat te Gent, 30*(2), 577-603.

26- Haluschak, P. (2006). *Laboratory Methods of Soil Analysis Canada-Manitoba Soil Survey*. Methods of Soil Analysis, 3-133.

27- Hodda, M., Peters, L., & Traunspurger, W. (2009). *Nematode diversity in terrestrial, freshwater aquatic and marine systems.* p. 45–94. In Nematodes as Environmental Indicators; CABI Publishing*:* Wallingford, UK, https://doi.org/10.1079/9781845933852.0045

28- Hunt, D.J. (1993). *Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae*: Their Systematics and Bionomics, Wallingford, CAB International, Wallingford: 352.

29- Jonason, D., Andersson, G.K.S., Ockinger, E., Rundlof, M., Smith, H.G., & Bengtsson, J. (2011). Assessing the effect of the time since transition to organicfarming on plants and butterflies. *Journal of Applied Ecology, 48*(3), 543–550. https://doi.org/10.1111/j.1365-2664. 2011.01989. X

30- Kapp, C., Storey, S.G., & Malan, A.P. (2014). Organic vs conventional: Soil nematode community structure and function. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences, 79*(2), 297-300.

31- Kjeldahl, J. (1883). A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Zeitschrift für Analytische Chemie, 22*, 366-382. http://dx.doi.org/10.1007/BF01338151

32- Korthals, G.W., Bongers, T., Kammenga, J.E., Alexiev, A.D., & Lexmond, T.M. (1996). Long-term effects of copper and ph on the nematode community in an agroecosystem. *Environmental Toxicology and Chemistry, 15*: 979–985.

33- Lammerts van Bueren, E.T., Struik, P.C., & Jacobsen, E., (2002). Ecological concepts in organic farming and their consequences for an organic crop ideotype, *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences, 50*(1), 1-26. https://doi.org/10.1016/S1573-5214(02)80001-X

34- Lazarova, S., Coyne, D., Rodríguez, M.G., Peteira, B., & Ciancio, A. (2021). Functional diversity of soil nematodes in relation to the impact of agriculture-A Review. *Diversity, 13*(2), 64. https://doi.org/ 10.3390/d13020064

35- Lupatini, M., Korthals, G.W., Roesch, L.F.W., & Kuramae, E.E. (2019). Long-term farming systems modulate multi-trophic responses. *Science of the Total Environment, 646,* 480–490. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.323

36- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., & Swift, M.J. (1997). Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science 277,* 504–509. https://doi.org/10.1126/science.277.5325.504

37- McSorley, R., & Frederick J.J. (2002). Effect of subsurface clay on nematode communities in a sandy soil. *Applied Soil Ecology, 19*(1), 1-11. https://doi.org/10.1016/S0929-1393(01)00167-6

38- El-Saadony, M.T., Abuljadayel, D.A., Shafi, M.E., Albaqami, N.M., Desoky El-S, M., El-Tahan, A.M., Mesiha, Ph.K., Elnahal, A.S.M., Almakas, A., Taha, A.E., El-Mageed, T.A.A., Hassanin, A.A., Elrys, A.S., & Saad, A.M. (2021). Control of foliar phytoparasitic nematodes through sustainable natural materials: Current progress and challenges, *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(12), 7314-7326, https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.08.035

39- Monson, M., & Schmitt, D.P. (2004). *Economics.* In: Schmitt DP, Wrather JA, Riggs RD, editors. Biology and management of the soybean cyst nematode. Marceline, MO: Schmitt & Associates of Marceline; p. 41–53.

40- Moosavi, M.R., & Zare, R. (2012). *Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes*. p. 67–107. In: Merillon, J.M. and Ramawat, K.G. (Eds) Plant Defence: Biological Control, Progress in Biological Control 12. Springer Science + Business Media, Dordrecht, the Netherlands,. https://doi.org/10.1007/978-3-030-51034-3_14

41- Mulder, C.H., Zwart, D.D., Van Wijnen, H.J., Schouten, A.J., & Breure, A.M. (2003) Observational and simulated evidence of ecological shifts within the soil nematode community of agroecosystems under conventional and organic farming, *Functional Ecology, 17*, 516-525. https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2003.00755.x

42- Neher, D. (2001). Role of nematodes in soil health and their use as indicators, *Journal of Nematology, 33*(4), 161-168.

43- Neher, D.A. (1999). Nematode communities in organically and conventionallymanaged agricultural soils. *Journal of Nematology, 31*(2), 142–154.

44- Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., den Nijs, L., Hockland, S. & Tahna Maafi, Z. (2011). Current nematode threats to world agriculture. In: Jones, J., Gheysen, G. and Fenoll, C. p. 21–43. (Eds) *Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions. Springer, Dordrecht, the Netherlands*, https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_2
45- Okada, H., & Harada, H. (2007). Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology, 35*(3), 582–598. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2006.09.008
46- Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S., & Dean, L.A. (1954). *Estimation of available phosphorous in soilsby extraction with sodium bicarbonate*. Vol. 939 (p. 19). U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., USDA Circ.
47- Paula, L.A., de, Bianchi, V.J., Gomes, C.B., & Fachinello, J.C. (2011). Reação de porta-enxertos de pessegueiroà Meloidogyne incognita. Revista Brasileira *de Fruticultura*, *33*(2), 680–684. https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000200043
48- Pokharel, R., Marahatta, S.P., Handoo, Z.A., & Chitwood, D.J. (2015). Nematode community structures in different deciduous tree fruits and grape in Colorado, USA and impact of organic peach and apple production practices, *European Journal of Soil Biology*, *67*, 59-68. http://dx.doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.02.003
49- Postma-Blaauw, M.B., De Goede, R.G., Bloem, J., Faber, J.H., & Brussaard, L. (2010). Soil biota community structure and abundance underagricultural intensification and extensification. *Ecology*, *91*(2), 460–473. https://doi.org/10.1890/09-0666.1
50- Prot, J.C., & VanGundy, S.D. (1981). Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second-stage juveniles. *Journal of Nematology*, *13*(2), 213-217.
51- Pulavarty, A., Egan, A., Karpinska, A., Horgan, K., & Kakouli-Duarte, T. (2021). Plant parasitic nematodes: A review on their behaviour, host interaction, management approaches and their occurrence in two sites in the republic of Ireland. *Plants*, *10*, 2352. https://doi.org/10.3390/ plants10112352
52- Quesada-Moraga, E., Herrero, N., & Zabalgogeazcoa, I. (2014). *Entomopathogenic and nematophagousfungal endophytes*. p. 85–99. In: Verma, V.C. and Gange, A.C. (Eds) Advances in Endophytic Research. SpringerIndia, New Delhi, India, https://doi.org/10.1007/978-81-322-1575-2_4
53- Quist, C.W., Schrama, M., de Haan, J.J., Smant, G., Bakker, J., van der Putten, W.H., & Helder, J. (2016). Organic farming practices result in compositional shifts in nematode communities that exceed crop-related changes. *Applied Soil Ecology*, *98*, 254–260. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.022
54- Ravichandra, N.G. (2008). *Plant nematology* I. K. International Pvt Ltd, 720 pp.
55- Rhoades, J.D. (1996). *Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids* Pages 417–436 in Sparks, D. L.Page, A. L.Helmke., P.A. Loeppert., R. H.Soltanpour., P.N. Tabatabai., M.A. Johnston., C.T & Sumner, M. E., editors. Methods of Soil Analysis: Part 3 – Chemical Methods. SSSA/ASA, Madison, WI, USA.
56- Rumberger, A., Merwin, I.A., & Thies, J.E. (2007). Microbial community development in the rhizosphere of apple trees at a replant site, *Soil Biology and Biochemistry*, *39*, 1645-1654. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.01.023
57- Schinner, F., Öhlinger, R.m Kandeller, E., & Margesin, R. (1995). *Methods in Soil Biology*. Berlin Heidelberg; Springer, Berlin. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-60966-4
58- Shabeg, B. (2007). *Nematodes as bioindicators of soil food web health in agroecosystems: a critical analysis*. Ohio State University, Doctoral dissertation. OhioLINK Electronic Theses and Dissertations Center, http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1173284523
59- Singh, R., & Singh, G.S. (2017). Traditional agriculture: a climate-smart approach for sustainable food production. Energy. *Ecology Environment 2*, 296–316. https://doi.org/10.1007/s40974-017-0074-7
60- Smith, K.A. (2000). *Soil and Environmental Analysis: Physical Methods, Revised, and Expanded* (2nd ed.). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9780203908600
61- Spellerberg, I.F., Ecology, G., Article, O., & Zealand, N. (2003). Ecological sounding a tribute to Claude Shannon (1916 – 2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the 'Shannon – Wiener' Index–Wiener index. *Global Ecology and Biogeography*, *12*(3), 177–179. https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00015.x
62- Tahat, M.M., M Alananbeh, K., A Othman, Y., & I Leskovar, D. (2020). Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, *12*(12), 4859: 1-26. https://doi.org/10.3390/su12124859
63- Treonis, A.M., Austin, E.E., Buyer, J.S., Maul, J.E., Spicer, L., & Zasada, I.A. (2010). Effects of organic amendment and tillage on soil microorganisms and microfauna, *Applied Soil Ecology*, *46*(1), 103-110. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2010.06.017.
64- Treonis, A.M., Unangst, S.K., Kepler, R.M., Buyer, J.S., Cavigelli, M.A., Mirsky, S.B., & Maul, J.E. (2018). Characterization of soil nematode communities in three cropping systems through morphological and DNA metabarcoding approaches *Scientific Reports*, *8*, 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-018-20366-5
65-Tsiafouli, M.A., Thébault, E., Sgardelis, S.P., Ruiter, P.C., Putten, W.H., Birkhofer, K., Hemerik, L., Vries, F.T., Bardgett, R.D., Brady, M.V. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*, *21*(2):973-85. https://doi.org/10.1111/gcb.12752

66- Tucker, B.B., & Kurtz, L.T. (1961). Calcium and magnesium determinations by EDTA titrations. *Soil Science Society of America Journal*, *25*(1), 27-29. https://doi.org/10.2136/sssaj1961.03615995002500010016x
67- USDA Economic Research Service, Organic Market Overview, 2014. http:// www.ers.usda.gov/topics/natural-resources-environment/organicagriculture/organic-market-overview.aspx#.U_UJEHb5e3w.
68- Viketoft, M., Bengtsson, J., Sohlenius, B., Berg Matty, P., Petchey, O., Palmborg, C., & Huss-Danell, K. (2009). Long-term effects of plant diversity and composition on soil nematode communities in model grasslands. *Ecology, 90*(1), 90-99. https://doi.org/10.1890/08-0382.1
69- Wall, D.H., Bardgett, R. D., Covich, A.P., & Snelgrove, P.V.R. (2004). *The need for understanding how biodiversity aecosystem functioninging affect ecosystem services in soils and sediments in Sustaining Biodiversity and Ecosystem Services in Soils and Sediments* (ed. Wall, D. H.) 1–12 Island Press.
70- Wang, K.H., McSorley, R., & Gallaher, R.N. (2004). Relationship of soil management history and nutrient status to nematode community structure. *Neotropical, 34*, 83–95.
71- Weisser, W.W., Roscher, C., Meyer, S.T., Ebeling, A., Luo, G., Allan, E., Beßler, H., Barnard, R.L., Buchmann, N., & Buscot, F. (2017). Biodiversity effects on ecosystem functioning in a 15-year grassland experiment: Patterns, mechanisms, and open questions. *Basic Applied Ecology*, *23*, 1–73. https://doi.org/10.1016/j.baae.2017.06.002
72- Wrather, J.A., & Koenning, S.R. (2006). Estimates of disease effects on soybean yields in the United States 2003 to 2005. *Journal of Nematology;38*(2), 173-80.
73- Yang, Y., Hu, X., Liu, P., Chen, L., Peng, H., & Wang, Q. (2021). A new root-knot nematode, *Meloidogyne vitis* sp. nov. (Nematoda: Meloidogynidae), parasitizing grape in Yunnan. *PLoS ONE, 16*(2), e0245201. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245201
74- Yeates G.W., & King K.L. (1997). Soil nematodes as indicators of the effect of management on grasslands in the New England Tablelands (NSW): comparison of native and improved grasslands, *Pedobiologia*, *41*(6), 526-536. http://hdl.handle.net/102.100.100/221433?index=1
75- Yergeau, E., Pagé, A., Arseneault, C.T., Kuramae, E.E., Lupatini, M., Korthals, G.W., De Hollander, M., & Janssens, T.K.S. (2017). Soil microbiome is more *Heterogeneous* in organic than in conventional farming system. Frontiers in *Microbiology*, *7*, 2064. https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.02064
76- Zarei, F., & Zarei, A. (2019). *Sustainable Agriculture*. p.159 Day System. https://books.google.com/books?id=YsGyDwAAQBAJ
77- Zhang, X., Ferris, H., Mitchell, J., & Liang, W. (2017). Ecosystem services of the soil food web after long-term application of agricultural management practices. *Soil Biology & Biochemistry*, *111*, 36–43. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.03.017
78- Zhao, J., Liu, L., Zhang, Y., Wang, X., & Wu, F. (2018). A novel way to rapidly monitor microplastics in soil byhyperspectral imaging technology and chemometrics. *Environmental Pollution*, *238*, 121-129. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.03.026